

# 水田地域における土地利用変化の地形的要因

新潟県十日町市を事例として

誌名	東京農業大学農学集報
ISSN	03759202
著者名	入江,満美 國井,香帆里 廣瀬,忠樹
発行元	東京農業大学
巻/号	59巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 63-73
発行年月	2014年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 水田地域における土地利用変化の地形的要因 新潟県十日町市を事例として

入江満美\*†・國井香帆里\*\*・廣瀬忠樹\*\*\*

(平成 25 年 8 月 22 日受付/平成 26 年 1 月 24 日受理)

**要約**：日本の国土面積の 65% を占める中山間地域では、急峻な地形を巧みに利用した棚田が数多く存在しており、その景観の美しさから、観光地としても発展を遂げている地域もある。本研究では地形という制約が土地利用変化に及ぼす影響を検討した。1987 年から 2006 年の十日町市の土地利用変化を見ると、水田がもっとも大きく面積が変化した。そこで、土地利用の変化の中でも特に水田転用に焦点を当ててみると、水田転用後の土地利用が地形要因と関係していることが明らかに示された。十日町市においては、標高が高く傾斜地であるほど耕作放棄され自然植生になる割合が高く、標高が低く平坦なほど建物用地や幹線交通用地などの人工構造物に転用される割合が高いといえるが、標高が高い場所でも近年まで水田として維持しており、標高条件に別の要因が加わって放棄せざるを得なくなった水田があることも考えられた。

水田の土地利用は地形条件としては、標高 80m、傾斜角 0° 付近の平坦地ではほとんど変化せず、標高 100~200m、傾斜角 3~5° の間で急激に変化率は高くなり、標高 200m、傾斜角 5° 以上では標高、傾斜角の値が大きくなるにつれて緩やかに変化率は高くなっていった。1987 年~2006 年の 20 年間で傾斜度 5° 以上の条件では水田の 2~6 割が転用されていた。これらのことから、標高・傾斜角の値が低いほど棚田は維持され、標高・傾斜角の値が高いほど水田は他の土地利用に変化する傾向にあった。さらに棚田の成立から考えると、傾斜角が棚田の面積を強く制約するため、標高より傾斜角の方が強く棚田の維持を制約することが示された。

キーワード：棚田, 土地利用, 土地利用変化, 耕作放棄

## 1. はじめに

### (1) 日本における土地利用—棚田—

日本において稲作は、最も重要な産業のひとつであり、地域特有の景観を創造している。特に、日本の国土面積の 65% を占める中山間地域では、急峻な地形を巧みに利用した水田が数多く存在しており、その景観の美しさから、観光地としても発展を遂げている新潟県佐渡市岩首、静岡県伊豆市天城地区長野などの地域もある。現在では、土木工事が発達し、平地に水田が開かれている。しかし、古島 (1967)<sup>1)</sup> の研究によると、飛鳥に都が置かれるようになる以前、古代の水田は、盆地の平坦部ではなく、盆地を取り巻く丘陵や山地に刻まれた小さな谷にできたらしいとある。自然状態の土地を改変する技術が未熟な段階にあっては、微地形が人間の生活を大きく制約していた。人々は河川と苦闘しながら、新しい沖積地への進出、洪水による村落の廃絶・再建といった過程をくり返して生活空間をつくり出した。この間、農家は先祖代々続く水田の維持管理に多大な労力をかけ、労力と技術を限界まで駆使して傾斜地において農業生産を行ってきた。そのようにして維持さ

れてきた農業生産活動を通して、結果的に意図せずして地域の土地を保全し、独自の景観を創造する役割を果たしてきた。傾斜地農業の生産地である棚田の景観は非常に美しく、芸術性を持っている。「千枚田」ともよばれる棚田の多い長野県千曲市の姨捨山や石川県輪島市の白米などの地域には、千枚あるという田の枚数がどう数えても 1 枚足りず、蓑や笠を取りのけたらその下にあったという伝説があることからその田の小ささが伺える。

### (2) 先行研究と本研究の目的

東畑 (1940)<sup>2)</sup> が「日本のピラミッド」と形容した棚田は、小農の生存・自立のために開かれ、今日まで継続されてきた偉大な成果である。東畑は棚田に関心を寄せ現実的な経済的批判の対象としてとらえ、その生産性を高める必要があることを提言した。能・吉崎 (1936, 1938)<sup>3,4)</sup> は、棚田と段畑を含めた階段耕作について、各地方別にその分布の概略を記載した。保柳 (1937)<sup>5)</sup> は棚田の傾斜角と幅、段高との関係を統計的な処理により、棚田が拓ける限界を傾斜角 30°、段高 3~3.7m としている。第二次世界大戦後では、竹内 (1984)<sup>6)</sup> の精力的な研究により、全国の主要な棚

\* 東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

\*\* 東京都小金井市立小金井第一中学校

\*\*\* 東北大学大学院生命科学部研究科名誉教授

† Corresponding author (E-mail: mami-o@nodai.ac.jp)

田地域の水利が明らかにされた。竹内は、ほとんどの棚田に灌漑施設があることを実地踏査により検証した。小出(1973)<sup>7)</sup>は、棚田が慢性型地すべり地の典型的な土地利用の一つであるとし、第三紀層地すべり地の棚田と破碎帯地すべり地の棚田を区別して記載している。谷内田の多く分布する中山間地域を中心として、高齢化や過疎化が著しく進行し、後継者不足もあって、水田の転用や耕作放棄の問題が深刻化している(作野, 2006)<sup>8)</sup>。水田の耕作放棄や転用問題は、わが国の食料生産ポテンシャルをさらに低下させるとともに、良好な自然景観を消失させる(有田ら, 2000)<sup>9)</sup>。また、傾斜地に位置する水田には多種多様な生物および植物が生息しており、水田を失うことは、その生態系を危機にさらすことになる(Iiyama *et al.*, 2005)<sup>10)</sup>。

このような水田の放棄という土地利用変化は環境にどのような影響を及ぼしているか。このことを考える前に一般的に土地利用変化は環境にどのような影響をおよぼしているのかを考える必要がある。FOLEY *et al.* (2005)<sup>11)</sup>は、地球規模での土地利用研究をレビューし次のようにまとめている。土地利用変化は、最終的に生態系サービスや人類の繁栄を徐々に衰退させ、世界の環境の質を低下させ、人間社会を長期間維持していくこともできなくなることに作用している。そのような問題を解決していくためには、経済および社会の利益を維持しながら、土地利用の消極的な環境への影響を減らしていくということが重要であり、短期的にも長期的にも人間にとって必要なものを認識し、生態系サービスのバランスを考え、管理された景観を増やすことや、それらを多くの学問を通して調査し、地域の土地利用政策を開発していくことが必要である。

過去の土地景観の正確な理解は、基礎的であるが重要な課題である。長期的な背景を把握し、現在の土地景観を深く理解することは、今後の土地景観計画に有用な提案を与えることができる。ICHIKAWA *et al.* (2006)<sup>12)</sup>は、1880年から2001年における東京周辺の里山景観の変遷について評価を行った。ICHIKAWA *et al.*は、1880年から2001年の里山景観の変遷を地形的に異なる(台地と丘陵地)東京周辺の2つの地域について調査し、極端に農業的景観から都市的景観への変化があり、それぞれの研究対象地において独特な土地利用の変遷のパターンがあったとしている。HIROSE (1980)<sup>13)</sup>は、土地利用を人間活動の指標として評価し、それをささえる自然的条件をあきらかにすることを目的として、恋瀬川流域を対象に土地利用と自然条件を解析した。自然条件として、地形(高度、傾斜角、起伏量)、地質をとりあげ、それらをメッシュマップ化し、さらに頻度分布によって地形、地質の関係を考察した。また、1973年と1880年の土地利用図を比較し、遷移行列により土地利用変化を把握し、最も大きな変化が見られたのは草地や荒地の針葉樹植林地への変化で、水田や市街地にはあまり変化が見られなかったとしている。

本研究では、この研究に倣い、土地利用は地形条件からどのような制約を受け、変化しているのかを、平地の農地に比較して急速に耕作放棄の進む中山間地域について、検討することを目的とし、地理情報システム(GIS: Geographic

Information System)を用いて土地利用変化と地形との関係を検討する。本研究では特に水田転用に着目し、地形条件との関係を明らかにする。

## 2. 方 法

### (1) 棚田の定義

農林水産省の定義では傾斜角度が20分の1(水平距離を20メートル進んで1メートル高くなる傾斜角)以上の水田を「棚田」として認定しており、認定された棚田は、助成金が交付される。本論文では、傾斜角の度合いで棚田を定義せず、急傾斜角の山間地の階段状の田を棚田とする。

### (2) 研究対象地

新潟県は稲の作付面積が北海道に次ぐ米どころで、コシヒカリの産地としても知られる。新潟県内でも新潟平野と高田平野、佐渡の国中平野など平野部では水田が多く、一方、山がちな地域では、小規模な棚田が多い。本研究では新潟県の中でも山がちな地域である十日町市を研究対象地とした。

### (3) 研究対象地概要

新潟県の十日町市は米収穫量全国第1位であり、米どころとして知られている。新潟県の中で、国内最高評価の良質米(品種:コシヒカリ)を生み出している地域は、魚沼地域に位置する4市3町(魚沼市、小千谷市、川口町、十日町市、津南町、南魚沼市、湯沢町)である。魚沼産コシヒカリのなかでも特に十日町産は、食味ランキングで特Aランクに指定されている。また、十日町市は全国で最も傾斜地水田が広がる地域であり、その良好な景観から棚田の観光地としても有名である(中島, 1999)<sup>14)</sup>。

十日町市は、長野県との県境に近い新潟県の南に位置し、南魚沼市、長岡市、小千谷市、上越市、津南町に囲まれた場所に位置している(図1a)。面積は589.92km<sup>2</sup>で、人口は62,009人(2008年)<sup>15)</sup>である。十日町市は、周囲は山に囲まれ、冬には毎年平均約2mの積雪がある日本有数の特別豪雪地帯であり、非常に冬季の降水量が多い地域となっている。根雪になる前の12月にも時雨や霰の形で、かなり多くの降水量がもたらされる<sup>16)</sup>。市の中心には信濃川が流れ、それに並行して洪海川が流れている。信濃川の流域では河岸段丘が広がり、松代、松之山地域に位置する洪海川流域では全国でも有名な棚田が広がっている。積雪が豊富な水をもたらして、春には豊富な山菜が芽を出し、夏には河岸段丘や棚田に広がる水田の水を満たしている。十日町市では、年号が平成に変わったころ(1988年頃)、21世紀を目指したまちづくりの方向を、「交流を通し若者が活気づく産業文化都市」と位置づけて、まちづくりを進めてきた。1996年10月にはスポーツフォーラム型リゾートの「当間高原リゾート」が開業し、1997年3月には、首都圏と北陸・関西圏を結ぶ「ほくほく線」が開通した。また、1985年の関越自動車道開通、1988年の北陸自動車道開通、1997年の磐越自動車道・上信越自動車道開通など道路網整備の推進により、都市へのアクセスが容易となり、地域

a

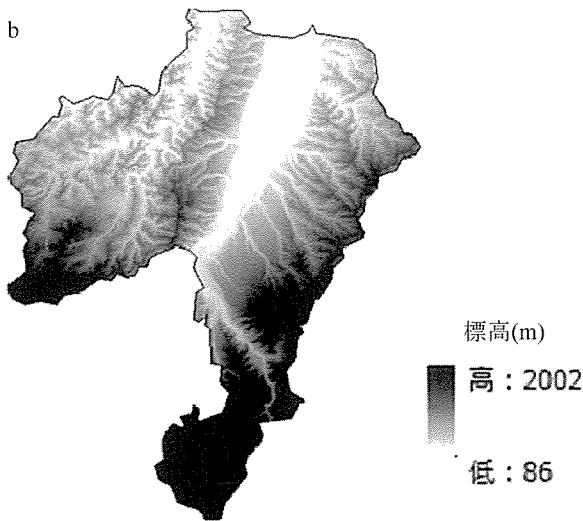


図 1a 新潟県十日町市の位置\*



写真 1 大地の芸術祭の作品の一つ まつだい駅前の棚田

b



c

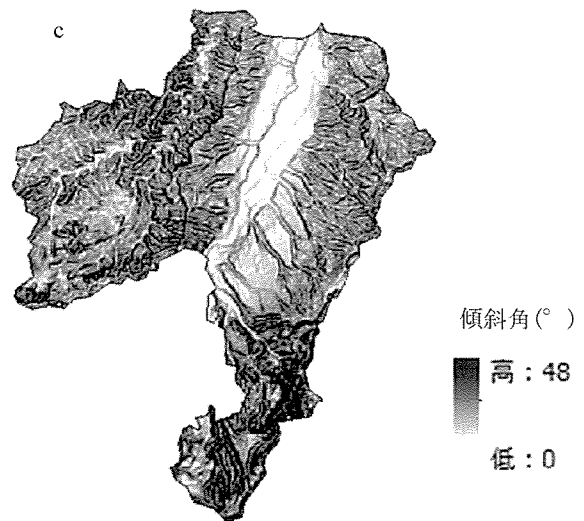


図 1b 十日町市の標高コンター\*, 図 1c 十日町市の傾斜角コンター図\*  
 (\* 国土交通省, 国土調査課および国土情報課, 国土数値情報より作成)

のつながりも一層強固なものになった。2000年からは、3年ごとに中魚沼地方とほくほく線で結ばれた西隣りの東頸松之山郷が一体となって取り組んでいるイベントであり、里山と現代アートの融合をテーマにした意欲的な試み「大地の芸術祭」が始まった(写真1)。2005年4月、こうした交流や地域の結びつきを基に、十日町市、中魚川西町、中里村、東頸松代町、松之山町が新設合併して新たな十日町市としてスタートした(十日町市、市勢要覧)<sup>15)</sup>。

#### (4) 調査に使用したデータ

新潟県十日町市の概要調査には新潟県十日町市史、十日町市市勢要覧、農林水産省の農業センサスを使用した。

土地利用および土地利用変化の解析には、国土交通省国土情報課が無償で公開している国土数値情報(GISデータ)より、土地利用細分メッシュデータ(3次メッシュの1/10約100m×100mのデータ)<sup>17)</sup>1987年度版および2006

年度版を使用した。標高データは国土交通省、国土地理院が無償で公開している基盤地図情報数値標高モデルより、新潟県における10m間隔データを用いた。

#### (5) 解析方法

本研究では、HIROSE(1980)の研究に倣って、土地利用と自然条件を解析した。HIROSEは、自然条件として、地形(標高、傾斜角、起伏量)、地質をとりあげたが、本研究では、高度と傾斜角のみをとりあげた。また、HIROSEはメッシュマップを250m四方としたが、本研究では100m四方のデータを使用することで、より詳細なデータの解析をした。十日町市の評価を行うために、国土数値情報の行政区画データより市区町村のベクタデータ(ポリゴン)を作成し、その市区町村のポリゴンと重なるメッシュを抽出した。メッシュごとに格納してある土地利用の番号をもとに、土地利用の変化を抽出した。標高データの抽出は、国土交通

省、国土地理院が無償で公開している基盤地図情報数値標高モデルより、新潟県における10m間隔の標高データをダウンロードした。標高データはベクタデータ(ポイント)形式なので、土地利用細分メッシュと結合させる際には、ベクタデータ(ポイント)からラスタデータ(連続的に変化する面的な情報)に変換する必要があるため、GISツールのIDW(Inverse Distance Weighted)を用いて、扱いやすいように内挿した。土地利用細分メッシュは、経緯度で区切られたセルであるが、標高データは、10m間隔で区切られた重心ポイントデータから内挿したため、これらのデータにずれが生じる。そこで、土地利用細分メッシュデータの重心をとったポイントデータを作成し、このポイントと重なる内挿した後の標高値を拾い、土地利用細分メッシュデータに標高データを結合させた。傾斜角データの算出は、標高データをIDWで処理した後のラスタデータから、GISツールであるサーフェス解析(傾斜角 slope)により傾斜角を算出した。サーフェス解析(傾斜角 slope)は、対象セルとその近隣セルとを比較し、それらの値の最大変化率を計算する手法である。原則として、対象セルとその8つの近隣セルの高度を比較したとき、距離に対するそれらの最大高度変化が、対象セルからの最も急な降下傾斜角となる。土地利用細分メッシュデータに結合させる際は、標高データ同様、メッシュデータのポイントデータから抽出した。本研究中では土地利用細分メッシュデータの土地利用のうち、荒地については荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)とし、湿地とあわせて荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地と表記する。

### 3. 結果および考察

#### (1) 十日町市の地形条件(標高・傾斜角)が土地利用に与える影響

一般に高度の高い周辺域ほど傾斜角が急峻なことが予想できる。標高と傾斜角のコンター図(図1b, c)を比較しても、対応しているように見て取れたため、2006年度の近似直線を赤線で示した。相関係数は $r=0.351$ となり、標高と傾斜角の相関は高くはない値となった。これより、十日町市においては標高と傾斜角は独立的であるといえる。土地利用別に色を分けて相関図を作成したところ(図2a)、それぞれの土地利用で差があることが読み取れた。そこで、土地利用別に十日町市における標高と傾斜角の相関関係をみた。土地利用別の標高と傾斜角の相関図(図2b-2h)の中では、その土地利用の近似直線を黒線で、十日町市全体の土地利用の近似直線を赤線で示した。

十日町市全体の最頻値は、標高310m、傾斜角 $11^\circ$ で、平均値は標高440m、傾斜角 $11^\circ$ であった。

水田は、標高800m、傾斜角 $35^\circ$ までの範囲で分布していた。最頻値は標高170m、傾斜角 $2^\circ$ で、平均値は標高285m、傾斜角 $8^\circ$ であった(図2b)。ばらつきは少なく、全体(図2a)と比較すると、水田は標高が低く傾斜角が緩やかである土地に多く存在していることがわかる。畑は、標高1000m、傾斜角 $35^\circ$ までの範囲で分布していた。最頻値は標高160m、傾斜角 $3^\circ$ で、平均値は標高334m、傾斜

角 $8^\circ$ となった(図2c)。傾斜角はばらついているが、標高が2分していることがわかる。標高が高い地域に分布しているメッシュは、十日町市の最南端である中里地域の広大な畑に該当していた。森林は、標高80m~2000m、傾斜角 $0^\circ\sim 50^\circ$ の範囲に広く分布していた(図2d)。最頻値は標高310m、傾斜角 $11^\circ$ 、平均値は標高500m、傾斜角 $13^\circ$ であり、全体の分布と類似した結果となった。これは十日町市全体の土地利用に占める森林の割合が2006年時点で68%と高い割合であることによる。標高が高いが平坦な土地や、標高が低い急峻な土地の多くは森林であることが推察される。荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地の分布は、おもに標高800m、傾斜角 $30^\circ$ までの範囲に集中しているが、それ以外の土地にもばらついて分布していた(図2e)。最頻値は標高320m、傾斜角 $13^\circ$ で、平均値は標高420m、傾斜角 $12^\circ$ であった。水田および畑は、標高1000m以上、傾斜角 $35^\circ$ 以上には分布していないことから、この範囲に分布している(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地としての土地利用のメッシュは以前から耕作地ではなかったことが推察される。そのため、この範囲には耕作放棄地は含まれておらず湿地であると考えられる。標高1000m以上で傾斜角の低いメッシュはおもに小松原湿原を指していた。

逆に、標高1000m以下、傾斜角 $35^\circ$ 以下の範囲に該当するメッシュは、耕作放棄地であることが推察できる。傾斜角と標高のメッシュ数をみると、標高は300m前後で集中しているが、傾斜角はばらつきがあることがわかる。人工構造物(建物、道路)は、標高700m、傾斜角 $35^\circ$ までの範囲で分布していた(図2f)。最頻値は標高160m、傾斜角 $2^\circ$ で、平均値は標高230m、傾斜角 $7^\circ$ であった。分布している範囲や最頻値、平均値が水田(図2c)と類似していることから、水田の周辺に道路や建物が分布していることが考えられる。河川及び湖沼は、標高800m、傾斜角 $40^\circ$ までの範囲で分布していた(図2g)。ほぼばらつきはなく、標高と傾斜角の相関係数も $r=0.732$ と高い値を示した。

全体の分布から外れていた標高450m、傾斜角 $5^\circ$ 付近のメッシュは、緯度経度で確認すると、リゾート地のプールやゴルフ場の池であることが確認できた。また、傾斜角 $45^\circ$ 付近に水域のメッシュが存在しているが、そのメッシュは日本3大渓谷「清津峡」であることが確認できた。人工造成地は、標高900m、傾斜角 $30^\circ$ までの範囲に分布しているが、均等にばらついているのではなく、3つに分かれて集中した分布が見られる(図2h)。標高のヒストグラムをみると、標高では80mから300m、300mから500m、500mから800mの3つの範囲でそれぞれ極大値をもっていた(図3上)。しかし、傾斜角のヒストグラム(図3下)ではそのような傾向はなかった。そこで、緯度経度を算出して3つの集中した分布がどのような人工造成地に該当するのか確認した。標高80mから300mのひとつめの集中したメッシュは信濃川周辺の空き地や学校、競技場を示していた。標高300mから500mの2つめの集中したメッシュは、ゴルフ場や、1996年に開業したスポーツフォーラム型リゾート「当間高原リゾート」の敷地を示していた。標高

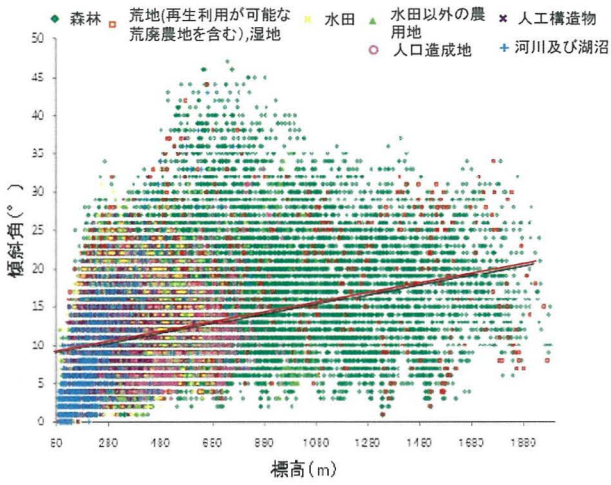


図 2a 十日町市の土地利用ごとの標高、傾斜角の相関関係 (直線は近似直線を示す)

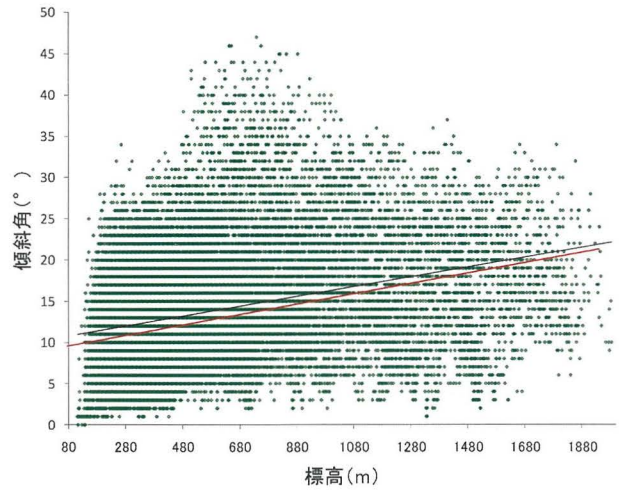


図 2d 十日町市の森林としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

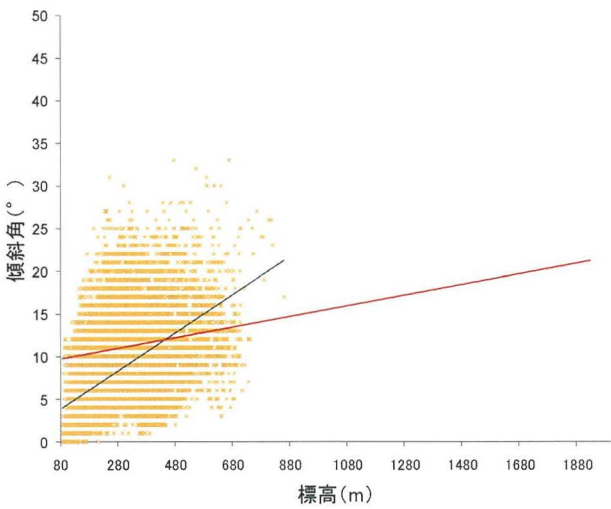


図 2b 十日町市の水田としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

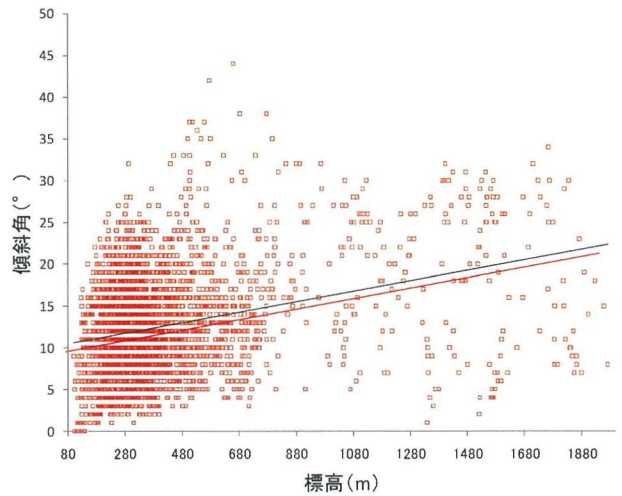


図 2c 十日町市の荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)、湿地の標高、傾斜角の相関関係

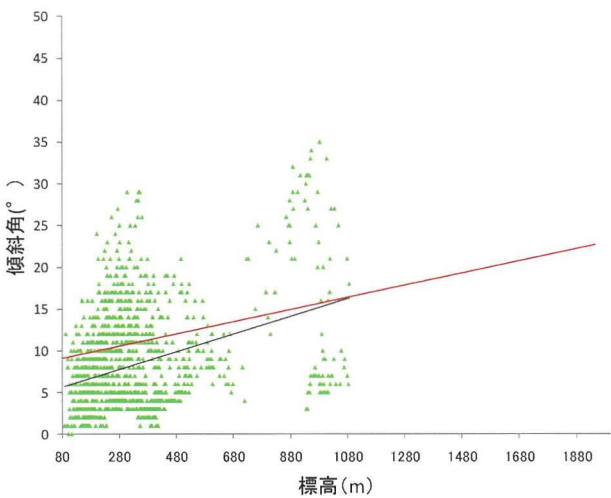


図 2e 十日町市の畑としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

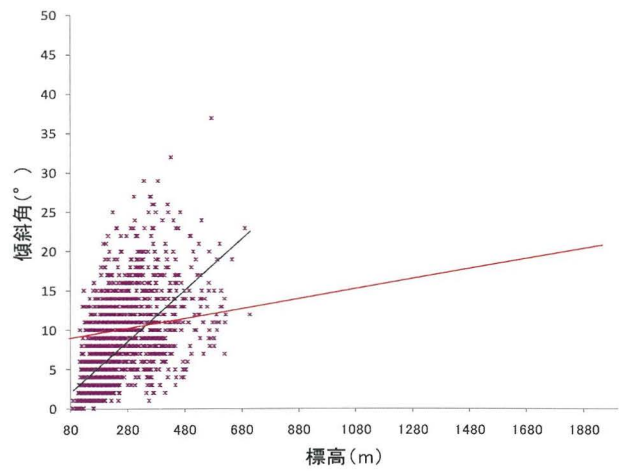


図 2f 十日町市の人工構造物としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

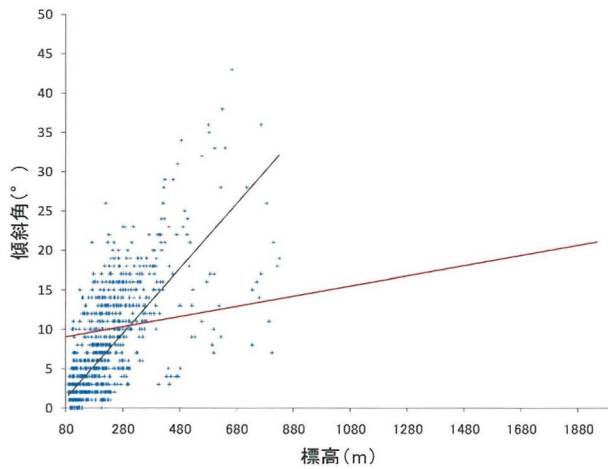


図 2g 十日町市の河川および湖沼としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

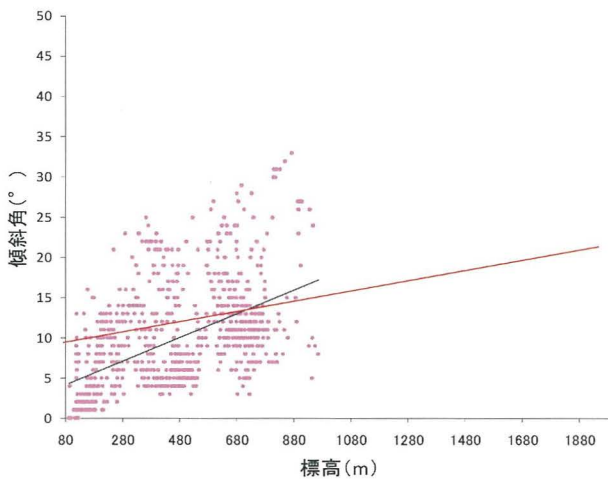


図 2h 十日町市の人工造成地としての土地利用の標高、傾斜角の相関関係

500 m 以上の3つめの集中したメッシュは、清津スキー場、上越スキー場などのスキー場に該当していた。

(2) 新潟県十日町市の地形条件と土地利用変化の関係

21世紀を目指したまちづくりの方向を、「交流を通し若者が活気づく産業文化都市」と位置づけたまちづくりが始まった1987年ごろから合併後の2006年前後の約20年間で、十日町市では、どのような変化があったのかを農林水産省による農林業センサスより図4、5に示した。

図4は、水田面積、畑面積および耕作放棄地の推移を示している。水田面積の減少には、1970年以降本格化した政府による新規の開田禁止、政府米買入限度の設定と自主流通米制度の導入、一定の転作面積の配分を中心とした減反政策の影響が考えられる。1995年ごろまで米の生産調整が強化され続け、その後は転作奨励金に向けられる予算額が減少の一途をたどり「転作奨励」という手法の限界から、休耕田や耕作放棄の問題が顕在になった<sup>18)</sup>と考えられている。また、十日町市では、リゾート開発により労働力

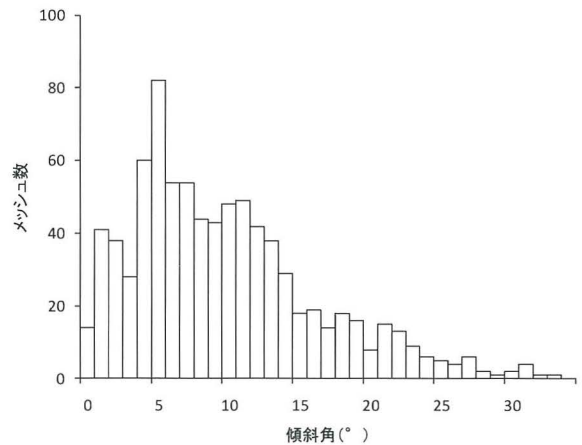
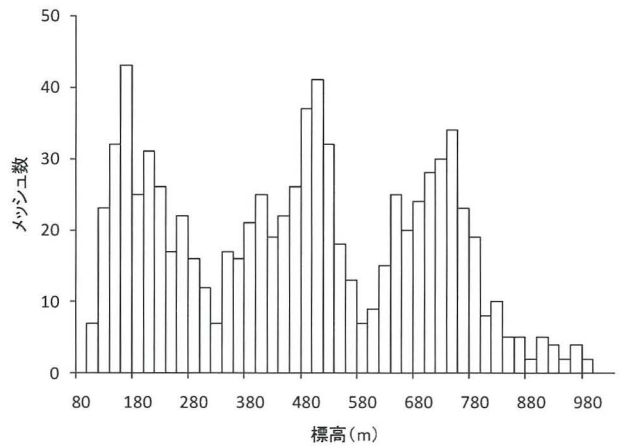


図 3 人工造成地メッシュの標高(上)、傾斜角(下)の頻度分布ヒストグラム (横軸は各人工造成地メッシュの標高および傾斜角、縦軸は対応するメッシュ数)

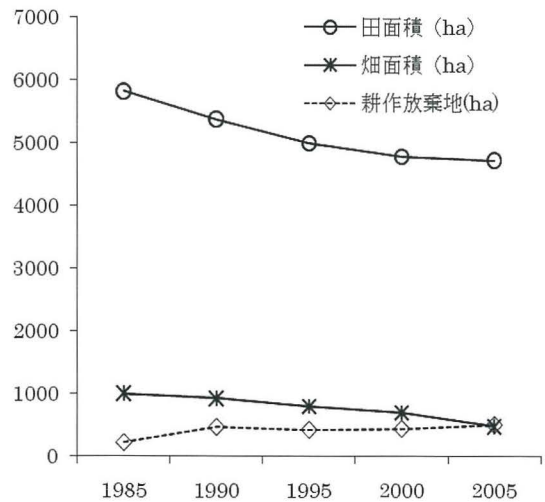


図 4 十日町市の水田、畑および耕作放棄地面積

の減少が顕著に表れ、水田だけでなく畑地も大きく影響を受け、耕作放棄面積は増大した。図5は、十日町市全体の農業就業人口と65歳以上の農業就業人口の割合を示している。農業就業人口は、年々減少の一途をたどっているのに対し、65歳以上の農業就業人口の割合は大幅に増加し

ている。2005年には農業就業人口の7割以上が65歳以上に達していた。1987年と2006年の土地利用の変化のメッシュマップを図6に示した。また、1987年の各土地利用が約20年後の2006年にはどのような土地利用に変化したのかを確認するために、遷移確率行列を表1に作成した。行は1987年の土地利用、列が2006年の土地利用である。括弧内はメッシュ数を示している。

十日町市の土地利用は図6から読み取れるとおり、森林が多くを占めていた。次に多いのは水田で流域沿いに存在しており、河岸段丘の段丘面に広がっていることも確認できる。水田が広がる段丘面のすぐ上の段丘面には人工構造物(建物、道路などの人工的に造られた構造物を指す)のメッシュが広がっており、市街地が確認できた。

1987年から2006年の変化を確認すると、まず、森林や河川及び湖沼は、表1で確認しても9割以上が20年後にも同じ土地利用を示しており、変化はほとんどない。荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地は、約9割がそのまま存在していたが、変化したメッシュは多くが森林へ変化していた。これは、放棄された土地で遷移が進み、耕作放棄地が森林へ変化したことが考えられる。水田は、図6からもやや減少していることが見て取れるが、表1より

実際のメッシュ数が1407メッシュ、つまり約1407haが減少していたことが示された。これは土地利用分類の中で最大の面積変化である。水田からの土地利用変化で、割合が高かったのは森林(14%)、荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地(5%)であり、水田の耕作放棄が進んでいることがわかる。また、畑も森林への変化が多く、耕作放棄地の遷移が進み、20年間で森林となったことが考えられる。人工造成地(競技場やゴルフ場、工場の敷地など)の変化はメッシュマップを確認しても著しく増加していることが読み取れる。メッシュ数で見ると544メッシュ(約544ha)増加し、その転用もとなる土地利用はおもに畑と水田であった。造成地からの土地利用変化はおもに人工構造物であり、人工構造物のメッシュ数も約20年間で2倍以上になっていることから、まちづくりが進み、都市的土地利用が増加していることがわかる。

次に自然的条件である地形のうち、標高と傾斜角が土地利用をどれほど制約しているのかを調べるために、標高・傾斜角別に土地利用割合を求め、図7に示した。図7左は横軸に50m間隔で標高の値をとり、縦軸には標高50mごとの土地利用別メッシュ数を算出し、その割合を示した。標高80m付近の低地で、最も割合の高い土地利用は水田であり、4割以上を占めていた。次に多い土地利用は水域であり、水田と水域を合わせると低地の8割以上を占めていた。水域は信濃川や渋海川に該当するメッシュであり、水田はその近辺に位置する水田を示していた。また、標高80mから100mの水田の多くは、河岸段丘の最も新しい段丘面に存在する水田であった。標高100mから150mの土地は、人工構造物(建物、道路)の割合が高くなっており、森林の割合も増加していた。

これらのメッシュは、おもに水田が広がる段丘面のすぐ上段にある段丘に位置している。標高150m以上になると、水田や水域の割合が急激に低くなり、森林および荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地、耕作放棄地の割合が高くなっていった。標高が高くなるにつれて森林および荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地の割合は増大し、標高1000mを超える土地では他の土地利用は存在しない。標高が1000mを超す荒地(再生利用が可能な

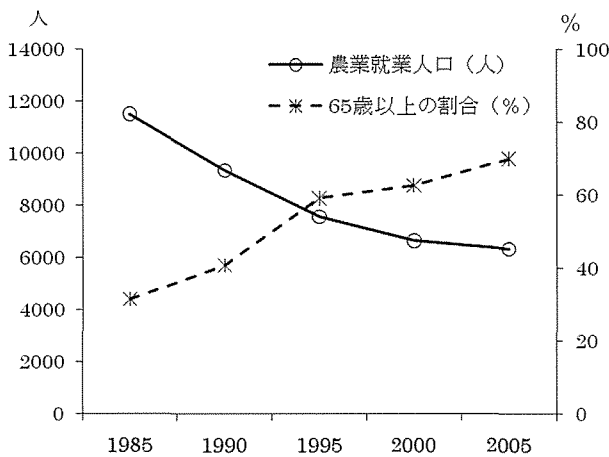


図5 十日町市の農業就業人口と65歳以上の農業就業人口の割合

表1 1987年から2006年の土地利用遷移確率行列

	2006						
	森林 (39996)	荒地(再生利用が可能な 荒廃農地を含む)・湿地 (3356)	畑 (1330)	水田 (9302)	人工造成地 (843)	人工構造物 (2266)	河川及び湖沼 (1520)
森林 (39823)	0.955	0.003	0.005	0.023	0.008	0.004	0.001
荒地(再生利用が可能な荒 廃農地を含む)・湿地 (2930)	0.045	0.896	0.014	0.025	0.012	0.006	0.002
1 9 (1519)	0.131	0.027	0.635	0.109	0.060	0.038	0.001
8 7 (10709)	0.140	0.051	0.010	0.745	0.015	0.037	0.004
人工造成地 (299)	0.064	0.017	0.020	0.047	0.692	0.154	0.007
人工構造物 (1816)	0.050	0.008	0.009	0.062	0.006	0.864	0.001
河川及び湖沼 (1517)	0.011	0.007	0.001	0.041	0.001	0.003	0.937

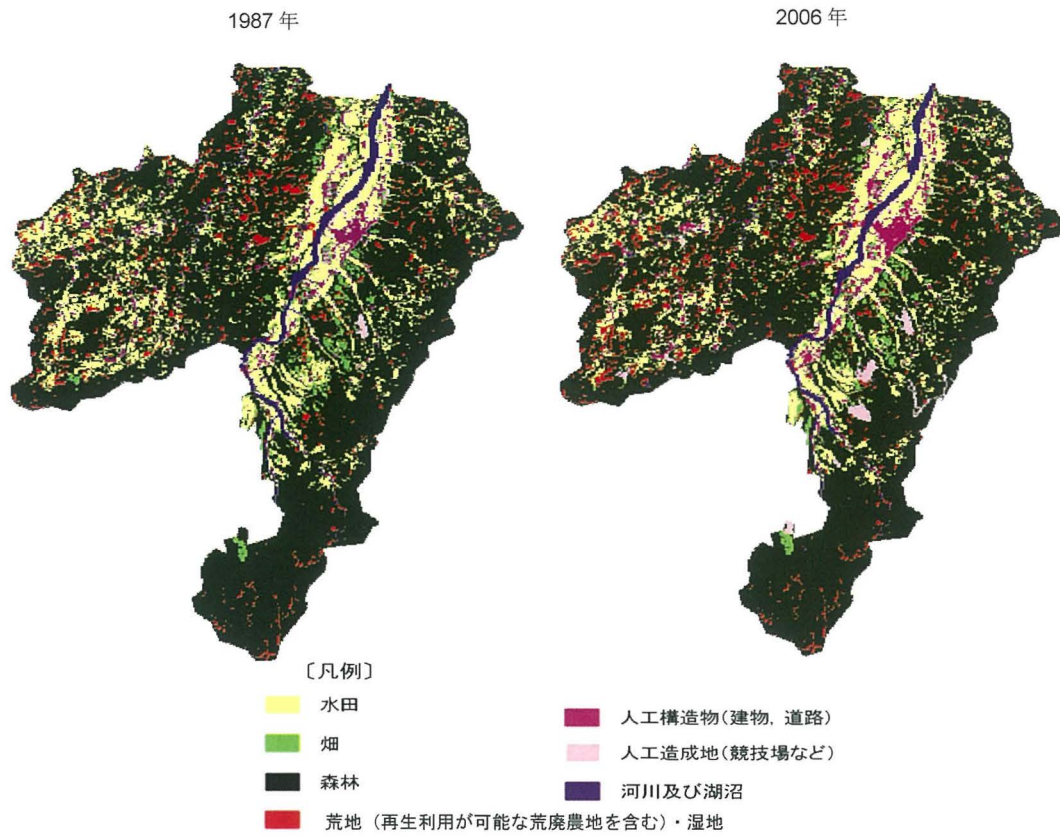


図 6 十日町市土地利用メッシュマップ

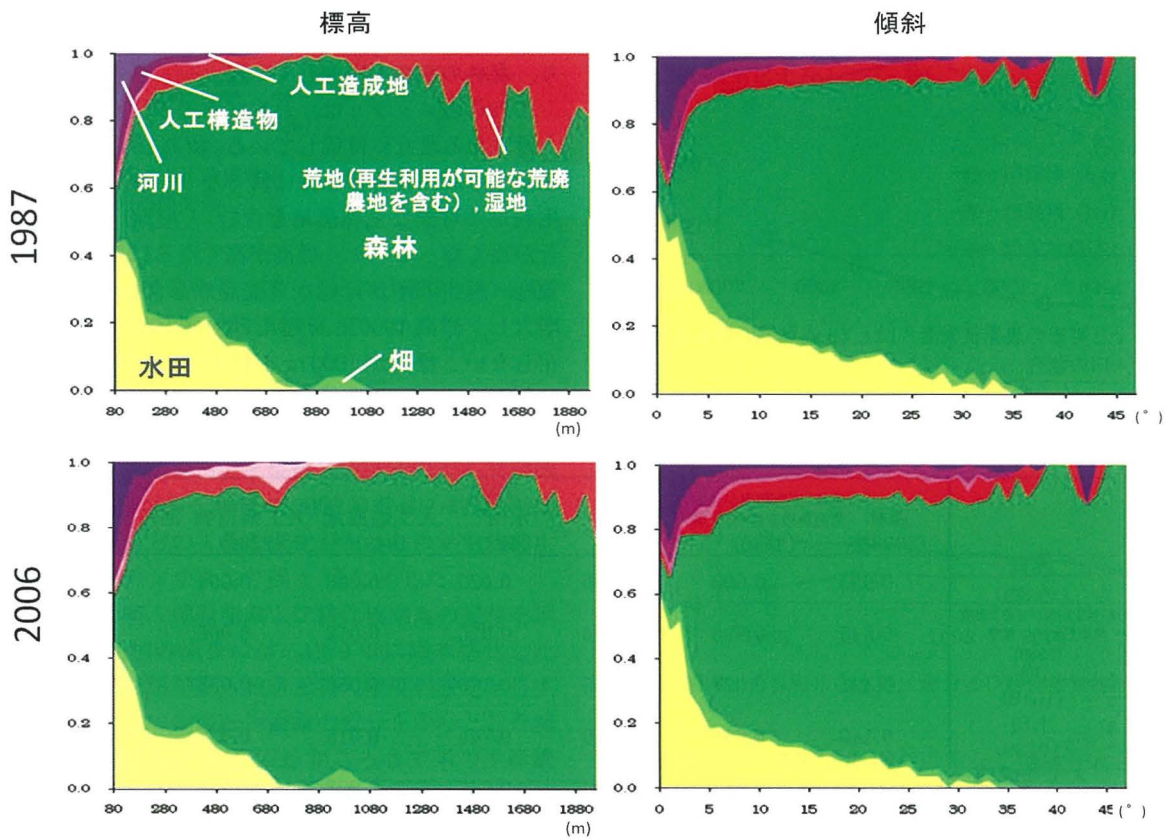


図 7 十日町市の標高別にみた土地利用の割合 左図 (上 1987 年, 下 2006 年)  
十日町市の傾斜角度別にみた土地利用の割合 右図 (上 1987 年, 下 2006 年)

荒廃農地を含む)・湿地の分類のメッシュは、おもに「小松原湿原」を指していることがメッシュ番号から推測できた。人工造成地においては、1987年ではその割合は少なく、低地から標高500mの間で一様に存在しているが、2006年では全体的に割合が増加し、特に標高700m付近で増加していた。

### (3) 新潟県十日町市の水田面積の減少

図7右は、横軸に1°間隔で傾斜角の値をとり、縦軸には傾斜角1°ごとの土地利用別メッシュ数を算出しその割合を示した。傾斜角が0°から3°の平坦地の土地利用は水田が6割を占め、2割が水域、1割が人工構造物(建物、道路)、その他土地利用が1割を満たしており、これは標高の低い土地とよく似た土地利用割合である。3°以上になると、急激に水田の割合が減少し、森林および荒地(再生利用が可能な荒廃農地を含む)・湿地の割合が増加している。傾斜角7度以上になると、水田は緩やかに減少して、35°以上の土地では存在せず森林が9割を占めていた。傾斜角45°で水域のメッシュが1割程度存在しているが、これは、日本3大渓谷「清津峡」に該当していた。人工構造物(建物、道路)のメッシュは、傾斜角0°から傾斜角35°までの範囲で存在しており、水田や畑の存在している範囲と類似している。つまり、耕作地がある土地の周りには集落や道路が存在していることが読み取れる。人工造成地は、傾斜角の違いによる割合の増減は見られず、0°から35°まで、一様に増加したことがわかる。標高では、標高700m付近での人工造成地の割合の増加が目立っていたが、傾斜角では、0°から35°の間で全体的に割合が増加していた。すなわち、水田は標高が低く傾斜角が緩やかな土地に多く、森林はその逆で、標高が高く傾斜角が急である土地に多いということがわかる。そのため、低地で緩やかな水田はつくりやすいので、標高が高く傾斜角が急な土地にある水田ほど変化が大きい。

### (4) 十日町市の水田の土地利用変化

次に、1987年から2006年の約20年間の水田転用と地形条件の関係を確認した。図8は、標高、傾斜角という地形条件を横軸にとり、縦軸には「1987年に水田であり2006年でも水田が維持されている割合」、「1987年に水田であり2006年には他の土地利用に変化した割合」を示した。標高80m、傾斜角0°付近は水田の維持率はほぼ100%で、標高100~200m、傾斜角3~5°の間で急激に水田の維持率は低くなっており、標高200m、傾斜角5°以上では標高、傾斜角の値が大きくなるにつれて緩やかに維持率は低くなっていた。水田の土地利用が変化する割合はその逆で、標高80m、傾斜角0°付近の平坦地ではほとんど変化せず、標高100~200m、傾斜角3~5°の間で急激に変化率は高くなり、標高200m、傾斜角5°以上では標高、傾斜角の値が大きくなるにつれて緩やかに変化率は2~6割と高くなっている。これらのことから、標高・傾斜角の値が低いほど水田は維持され、標高・傾斜角の値が高いほど水田が他の土地利用に変化する傾向にあることが読み取れる。

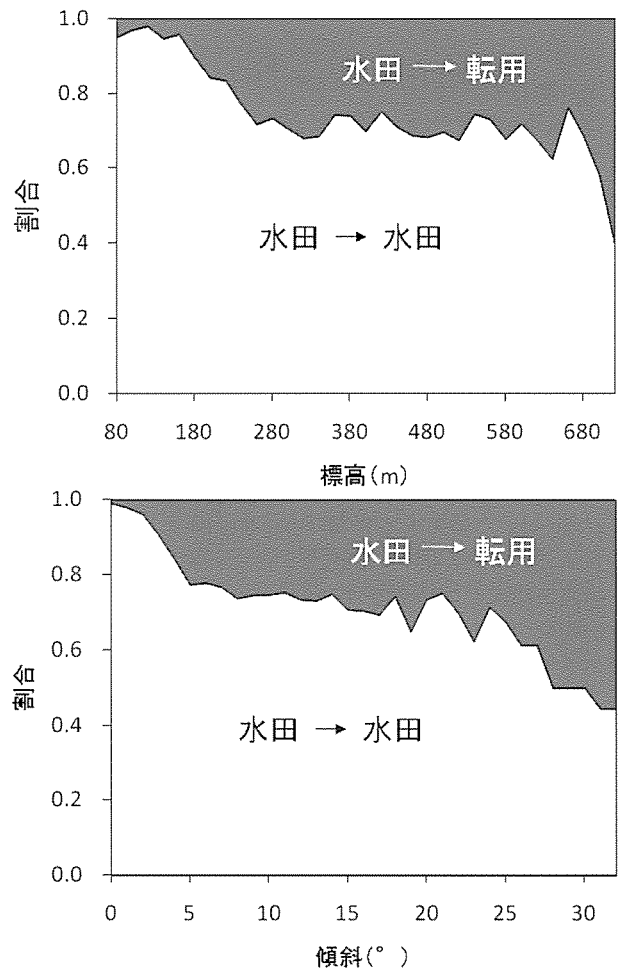


図8 1987年の水田が2006年でも水田として維持されている割合(白)、他の土地利用になった割合(黒) 標高との関係(上)、傾斜角との関係(下)

本研究では、地形の制約が土地利用変化に及ぼす影響を検討した。本研究の成果として、土地利用の変化の中でも特に水田転用に焦点を当ててみると、水田転用後の土地利用が地形要因と関係していることが明らかに示された。十日町市においては、標高が高く傾斜地であるほど耕作放棄され自然植生になる割合が高く、標高が低く平坦なほど建物用地や幹線交通用地などの人工構造物に転用される割合が高いといえるが、標高が高い場所でも近年まで水田として維持しており、標高条件に別の要因が加わって放棄せざる負えなくなった水田があることも考えられた。標高が高い傾斜地で水田を維持するには、平地水田よりも畦畔の維持管理に費やすコストが多いためである。平地水田が多く造成され、米価も安価になった現代では、そのような土地での耕作は利益を多くとることができず、耕作放棄地となる割合が高くなるのが考えられるが、標高が高く傾斜地に位置する水田であっても、現在も維持され耕作されている水田も数多く存在している。

つまり水田は、地形によって制約される水田の形成、形状の違いでコストと利益のうえに、社会、経済的要因や人為的要因など様々な要因が絡み合って重なって維持、形成

されている。

### (5) まとめ

HIROSE の研究では、傾斜角の分布は高度によって 64% ほど説明される ( $r=0.799$ ) と述べられているが、本研究では高度と傾斜角の相関関係は  $r=0.351$  と高くはない値となった。この違いは、研究対象地を「流域」としているか「行政界で区切られた地域」としているかの違いであることが考えられる。本研究ではこの点に着目し、土地利用別に高度と傾斜角の関係を確認した。その結果、土地利用ごとに地形条件の独自性がみられ、土地利用と地形には関係性があることがわかった。表 1 の遷移行列より十日町市の 1987 年から 2006 年の 20 年間における最大の土地利用変化は水田にみられた。さらに、図 8 より中山間地域においては傾斜角  $5^\circ$  を超える条件では 20 年間で 2~6 割の水田が転用されていた。

標高と傾斜角の地形条件のどちらが水田という土地利用を制約しているかを考えると、図 8 より、標高よりも傾斜角の方が、地形要因の値が大きくなるにつれて転用の割合が増加していることから、傾斜角の方がより強く水田の土地利用を制約していることが読み取れる。傾斜角がより強く水田の土地利用を制約する理由を棚田の成立から考える。

水田を真横から見て断面図にすると図 9 のように表すことができる。傾斜角を  $x$ 、畔の高さを  $y$ 、棚田の奥ゆきを  $B$  とし、それらの関係を式で表すと、数式 1 のようになる。

$$B = \frac{y}{\tan x} \quad \text{数式 1}$$

$x$  は傾斜角という地形の制約で、与えられた条件であるため、傾斜角が急であるほど  $y$  の畔の高さを高く積まなければ、 $B$  の奥ゆき、さらに  $B$  によって確保される水田面積を確保することができない。

例えば、傾斜角が  $5^\circ$  と  $25^\circ$  の地点で水田を造成するとき、 $25^\circ$  の地点方で  $5^\circ$  の地点の畦の高さの 2 倍の畦を積んだとしても、水田の長さ  $B$  (面積と関係する) は、 $5^\circ$  の地点の方が長くとれることになる。つまり水田の形成は、傾斜角が急であるほど畔の高さを高くしなければ、面積が確保できない。すなわち、その水田からの収量を得られないため、傾斜角の大小が水田の成立を強く制約すると理解できる。これより、棚田の維持には標高よりも傾斜角が強い制限要因となり、放棄が進んでいると考えられる。

実際には水田は 1 枚ごとに地形条件や形も異なるため、今後は棚田 1 枚単位で地形条件が棚田の維持と放棄をどの程度制約しているかを調査する必要がある。

また、土地利用変化の歴史を知ることは、今後の土地利用計画を判断していく際にも重要であるため、年代別に多くの土地利用情報を収集し、評価していくことが今後の課題のひとつといえる。

謝辞：本研究にあたり協力して下さった新潟県十日町市松

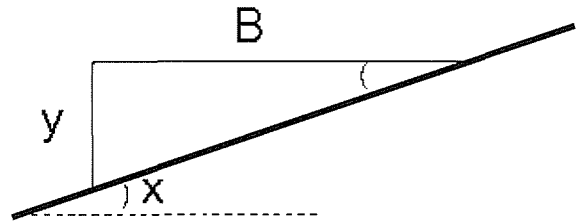


図 9 水田の断面図

$x$  は傾斜角,  $y$  は畔の高さ,  $B$  は棚田の奥ゆき

之山支所の方々に心より感謝いたします。本研究は東京農業大学 大学院高度化推進プロジェクトおよび東京農業大学総合研究所 食料自給率向上プロジェクトにより調査・研究が可能となりました。ここに心よりお礼申し上げます。

### 引用文献

- 1) 古畑敏雄 (1967) 土地に刻まれた歴史. 岩波書店 (岩波新書), 東京.
- 2) 東畑精一 (1940) 米. 中央公論社, 東京.
- 3) 能登志雄, 吉崎恵二 (1936) 本邦における階段耕作の地理学的研究 I・II. 地理学評論. 12: 352-368, 828-835.
- 4) 能登志雄, 吉崎恵二 (1938) 本邦における階段耕作の地理学的研究 III. 地理学評論. 14: 230-237.
- 5) 保柳陸美 (1937) 傾斜角と水田の階段との関係. 地理学評論. 13: 737-753.
- 6) 竹内常行 (1984) 続・稲作発展の基盤. 古今書院, 東京.
- 7) 小出 博 (1973) 日本の国土 下. 東京大学出版会, 東京.
- 8) 作野広和 (2006) 中山間地域における地域問題と集落の対応. 経済地理学年報 52 (4): 46-64.
- 9) 有田博之, 大黒俊哉, 山本真由美, 友正達美 (2001) 中山間地域における耕作放棄水田の植生変化が復田作業に及ぼす影響. 農村計画論文集 第 3 集.
- 10) Naoki Iiyama, Mahito Kamada, Nobukazu Nakagoshi (2005) Ecological and social evaluation of landscape in a rural area with terraced paddies in southwestern Japan. *Landscape and Urban Planning* 73 (1): 60-71.
- 11) Jonathan A. Foley, et al. (2005) Global Consequences of Land Use. *Science* 309 (5734): 570-574.
- 12) Kaoru Ichikawa, Nozomi Okubo, Satoru Okubo, Kazuhiko Takeuchi (2006) Transition of the satoyama landscape in the urban fringe of the Tokyo metropolitan area from 1880 to 2001. *Landscape and Urban Planning* 78: 398-410.
- 13) Tadaki Hirose (1980) Change in rural land-use patterns in relation to some physical factors in the Kakioka basin, Japan. *Agro-Ecosystems* 6: 67-84.
- 14) 中島峰広 (1999) 日本の棚田—保全への取り組み—. 古今書院, 東京.
- 15) 十日町市 市勢要覧 <http://www.city.tokamachi.niigata.jp/page/yoran.html> (2013 年 8 月 16 日アクセス)
- 16) 十日町市史編さん委員会 (2005) 十日町市史 通史編 1 自然・原始・古代・中世. 十日町市.
- 17) 建設省国土地理院 (1991) 国土数値情報 (改訂版) 国土情報シリーズ 8: 11-17.
- 18) 伊藤順一 (1994) 転作の地域間調整と農家経済 農業総合研究 48 (3): 1-37. <http://www.maff.go.jp/primaff/koho/seika/nosoken/nogyosogokenkyu/pdf/nriae1994-48-3-1.pdf> (2014 年 11 月 22 日アクセス)

# Topographic Effects on Land-use and Land-use Change in Tokamachi, Niigata, Japan

By

Mami IRIE<sup>\*†</sup>, Kahori KUNI<sup>\*\*</sup> and Tadaki HIROSE<sup>\*\*\*</sup>

(Received August 22, 2013/Accepted January 24, 2014)

**Summary** : Rice terraces are paddy fields made on sloping land that follow the natural contour lines, suited to the Japanese landscape. The terraces blend in with the natural scenery and give viewers a great sense of peace and comfort. Rice terraces are also growing into a focus of agro tourism. However, farming on these rice terraces has low labor productivity, and with the advancing age of the farmers in the mountainous areas, it has become difficult for them to continue farming on the rice terraces. Their abandonment is now noticeable. For this research, one city sustaining the rice terraces viz. Tokamachi City in Niigata Prefecture, was selected as the study area.

We investigated how the topographic factors (altitude and slope) limit land-use and land-use change focusing on land-use in 2006 and land-use change between 1987 and 2006 using Geographic Information System (GIS). It was shown that topographic factors directly limit the land-use. Land-use change in Tokamachi City between 1987 and 2006 was significant in paddy fields. Paddy field area decreased significantly at high altitude on steep slopes. On the one hand, paddy field located at low altitude on a gentle slope mostly changed to buildings and roads. On the other hand, paddy fields located at high altitude on steep slopes changed to abandoned farmland fields and forestry.

Specifically, paddy fields located at high altitude of more than 200 m and on slopes steeper than 5° have tendency to change to abandoned farmland fields and forestry, even though not a few paddy fields located at high altitudes on steep slope continued to be maintained as paddy fields. Furthermore, 20~60% of rice terrace fields on slopes steeper than 5° were converted into other land-use. It was suggested that the topographic factor of angle of inclination is strongly limiting to the landuse as rice terraces.

**Key words** : rice terrace, landuse, land-use change, abandoned field

---

\* Department of International Agricultural Development, Faculty of International Food Science, Tokyo University of Agriculture

\*\* Koganei Dai-ichi Junior. High School

\*\*\* Tohoku University

† Corresponding author (E-mail : mami-o@nodai.ac.jp)